

Feuchte- und Potentialmessungen in Deponiekörpern

U.Weller, M. Martienssen, O. Spott

1 Einleitung

Die Umsetzung des organischen Materials in Deponien hängt entscheidend von deren Wassergehalt ab. Die biologischen Prozesse laufen nur bis zu einer gewissen Feuchtigkeit ab. Bei der Methanbildung und beim Entnehmen des Gases wird Wasser verbraucht, so dass bei einer Abdichtung des Deponiekörpers Austrocknung eintritt. Neben den wirtschaftlichen Verlusten durch nachlassende Gaslieferung bei gefassten Gasbrunnen stellt sich die Problematik dass ein reaktiver Deponiekörper langfristig ein Risiko bedeutet, wünschenswert ist eine rasche Umsetzung und in Folge ein inertes Substrat. Deshalb ist zu überlegen wie eine kontrollierte Befeuchtung des Müllkörpers erfolgen kann.

Auf der anderen Seite ist bei Befeuchtung des Deponiekörpers die Gefahr der Sickerwasserbildung gegeben. Austragungen sind zu vermeiden. Ziel muss es sein die Feuchtigkeit des Substrates so zu kontrollieren dass ein Wasseraustritt vermieden wird, aber genügend Feuchtigkeit für die Umsetzungsprozesse vorhanden ist.

Hierfür ist die Messung des Wassergehaltes und des Wasserpotentials notwendig. In dieser Arbeit wurden hierfür verschiedene Messmethoden auf ihre Verwendbarkeit getestet. Desweiteren wurde an entnommenen Proben im Labor hydrologische Kenngrößen ermittelt. Aus der Kombination soll bestimmt werden inwieweit einzelne Messverfahren bzw. die Kombination verschiedener Verfahren geeignet sind das Monitoring der Feuchte zu gewährleisten.

2 Eingesetzte Methoden

Auf der Deponie kamen drei Messverfahren zum Einsatz. Die Prinzipien sind im Folgenden kurz erläutert:

2.1 Wassergehaltsmessung mittels FDR

Die Kapazität eines Kondensators ist abhängig von den dielektrischen Eigenschaften des Mediums im Feld der Kondensatorplatten. Bei geeigneter Geometrie der Platten kann erreicht werden dass der Boden dieses Medium darstellt. Dessen Dielektrizität ist bestimmt durch den Wassergehalt. Es lässt sich somit der Wassergehalt des Bodens errechnen aus der Kapazität des Kondensators. Diese ist über einen einfachen Schwingkreis leicht aus der Frequenz des Signals ablesbar. FDR ist somit ohne großen Aufwand als einfache elektronische Schaltung aufzubauen.

In unserem Fall kamen ringförmige Kondensatoren zum Einsatz. Diese waren in einem dichten Rohr eingesetzt, welches mittels Rammbohrung in die Deponie eingebracht wurde. Die Messung erfolgt um dieses Rohr herum in Nähe der eingesetzten Messsonden. Es wurden zwei Rohre gelegt mit jeweils fünf Sonden in einer Tiefe von 0,5 bis 5,5 Metern. Ein Rohr war nicht dicht, so dass es zum Ausfall der Elektronik in diesem Messstrang kam.

2.2 Wassergehaltsmessung mittels TDR

Die Lichtgeschwindigkeit ist ebenfalls abhängig vom Dielektrikum des Mediums. Dies wird ausgenutzt bei der TDR-Messung: ein scharfer elektrischer Puls wird in einen Leiter bekannter Länge gespeist, aus der Reflexionszeit wird die Dielektrizität des umgebenden Materials bestimmt.

Bei einer vollständigen Auswertung des Reflexionssignals ist es möglich den Verlauf des Wassergehaltes entlang des Leiters als vollständiges Profil zu bestimmen. Diese Technik wurde eingesetzt. Als Leiter wurden in ein PVC-Rohr eingelassene Drähte mit einer Gesamtlänge von 6 m eingesetzt. Aufgrund von Problemen beim Einbau wurde lediglich eine Tiefe von 4,5 m erzielt. Es wurden zwei parallele Sonden eingebaut.

2.3 Bestimmung des Potentials mittels pfMetern

Zur Bestimmung des Wasserpotentials wurden sog. pfMeter eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Keramikkörper deren Wassergehalt über die Wärmekapazität bestimmt wird. Aufgrund der bekannten hydraulischen Eigenschaften des Materials lässt sich daraus die Wasserspannung bestimmen. Der Vorteil hierbei ist dass diese Messung über einen weiten Potentialbereich möglich ist und die Sonden bei Austrocknung sich selbst wieder befeuchten. Außerdem ist das Verfahren unempfindlich gegenüber Salz und anderen gelösten Stoffen. Es wurden 5 pfMeter in einer Tiefe von 5,5 bis 0,5 m in einen Schacht eingebaut welcher mit Feinsand verfüllt wurde und mit Bentonitschichten abgedichtet wurde.

2.4 Labormessung

Um einen Eindruck über die hydraulischen Eigenschaften des Substrates zu gewinnen wurde an den erbohrten Proben die Feuchte bestimmt und eine Probe mit einem hohen organischen Gehalt wurde in ein Multistep-Outflow Experiment eingebaut. Hierfür wurde die Probe in einem 2 l fassenden Zylinder eingebaut, verdichtet und mit Auflast versehen. Der untere Rand der Probe wurde stufenweise auf unterschiedliche Wasserspannung eingestellt und der zeitliche Verlauf des Ausflusses wurde aufgezeichnet. Mittels inversem Fit wurde an dieses Experiment ein Wasserhaushaltsmodell angepasst und somit die Parameter für das Modell bestimmt.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Feuchtemessung wiesen durchgehend eine sehr geringe zeitliche Dynamik auf. Die Messung erfolgte mit hoher zeitlicher Auflösung kontinuierlich über den Messzeitraum. Die TDR-Messungen ergaben ein detailliertes relatives Tiefenprofil, allerdings war es schwierig die Messwerte in absolute Wassergehalte umzusetzen. Dies gelang mit der FDR. Das Tiefenprofil des Wassergehaltes lässt sich gut durch unterschiedliche Schichtungen erklären, es zeigte sich im Labor dass die Wassergehalte mit dem Anteil der organischen Substanz korreliert sind. Hiervon ausgenommen ist der Anteil an Kunststoffen, diese haben eine sehr geringe Wasserhaltefähigkeit. Die Messung der Wasserpotentiale ergab ebenfalls keine zeitliche Dynamik, das Profil war im unteren Bereich vollständig wassergesättigt, im oberen Bereich war mit einem pF von 0,6 – 0,7 das Potential ebenfalls nahe Sättigung. Die Hoffnung, im Feld eine Wasserdynamik messen zu können und im Deponiekörper eine Beziehung zwischen Potential und Wassergehalt etablieren zu können hat sich somit nicht bestätigt. Der Grund hierfür ist in einer sehr geringen Leitfähigkeit des Materials zu sehen,

welches ein Abfließen des eingedrungenen Wassers verhindert. Die Wasserdynamik im Deponiekörper ist somit vor allem von der Leitfähigkeit bestimmt.

Dies zeigt sich auch in der Labormessung der Wasserdynamik. Die Leitfähigkeit des Materials ist mit 0,04 cm/h extrem gering. Kunststofflagen, wie sie bei der Beprobung angetroffen wurden, weisen eine noch erheblich geringere Leitfähigkeit auf. Andere Substrate wie etwa Bauschutt wiederum sind als wesentlich besser leitfähig anzusehen. Es ist davon auszugehen dass Wasser vornehmlich über wenige gut leitende Bahnen im Deponiekörper abgeleitet wird. Dies ist insbesondere dann der Fall wenn in der Auflage eine hohe Sättigung erreicht wird und Wasser dann in die gut leitenden Bahnen umverteilt wird. Offensichtlich ist es nicht möglich über kurzfristige Wassergaben eine Durchfeuchtung des Müllkörpers zu erreichen. Dies hat sich auch in anderen Feldexperimenten mit gezielter Bewässerung auf Mülldeponien gezeigt. Vermutlich ist eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Müllkörpers nur mit gezielter Injektion von Wasser bei gegebenem Potential zu erreichen.

Die Verfahren zur Messung der Feuchtigkeit haben beide ihre prinzipielle Eignung erwiesen. Insbesondere die TDR-Technik mit der höheren räumlichen Auflösung ist in dem vorliegenden heterogenen Material interessant. Allerdings reicht zur Beurteilung des Wasserhaushaltes die Kenntnis des Wassergehaltes allein nicht aus, in Müllsubstraten lässt sich keine einfache Beziehung zwischen Wassergehalt und Wasserpotential – und dieses bestimmt die Wasserbewegung – etablieren.

Die langfristige Stabilität der Messapparaturen kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschließend beurteilt werden. Ein gewisses Problem stellt bei der FDR-Technik dar dass die Messelektronik eingebaut werden muss. Bei Wassereintritt in das Messrohr kommt es zum Ausfall. Bei der hier eingesetzten TDR-Technik wird lediglich ein einfacher, unempfindlicher Draht eingebaut.

Bei den μ m Metern wird zwar auch Elektronik im Substrat verbaut, jedoch ist diese vollverkapselt und es waren keine Ausfälle zu verzeichnen.